



T E R R E M O T I

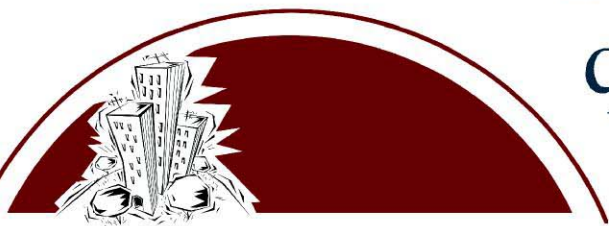
t
e
r
r
e
t
t

Come, dove,
quando,
perchè...

Aldo Zollo
Luciana Cantore



Come, dove, quando, perché



Premessa

Vivere in un'area a forte rischio sismico e, nel caso della Campania anche vulcanico, non necessariamente corrisponde ad avere la piena consapevolezza dei fenomeni naturali che caratterizzano e modificano il territorio da noi abitato.

La scarsa conoscenza e familiarità con eventi naturali così importanti porta ad una cattiva gestione del territorio e all'abitudine a comportamenti non idonei a fronteggiare i pericoli derivanti dall'evento sismico. Non aiutano in tal senso nemmeno la normativa nazionale e la classificazione, ormai obsoleta e inadeguata, che suddividono macroscopicamente il territorio nazionale in sole 4 zone a differente grado di sismicità, senza tener conto minimamente del fattore antropico (densità demografica, qualità degli edifici, ecc.) che così fortemente incide sulle conseguenze che un terremoto può produrre. Il grave tributo di vite umane pagato dal Comune di San Giuliano in seguito al recente sisma in Molise costituisce il segno tangibile di quanto sia necessario diffondere una corretta cultura di protezione civile, introducendola nei curricula anche delle scuole di grado inferiore.

Il Programma Sismalab, promosso dall'Assessorato all'Educazione in collaborazione con la Direzione Scolastica Regionale, l'Università di Napoli e Città della Scienza, costituisce il primo importante appuntamento di un'attività formativa teorico-pratica indirizzata ai giovani, e non solo ad essi, che attraverso l'ausilio delle moderne tecnologie e di laboratori appositamente predisposti avvicini i cittadini alla sismologia costruendo quel corretto e consapevole rapporto con il territorio che è alla base di una vera cultura della protezione civile.

È quindi proprio la diffusione di conoscenze sulla sismologia, a partire dalle scuole di grado inferiore e da proporre fin dai primi anni dell'attività formativa delle popolazioni che abitano tali territori, che può rappresentare una vera e propria rivoluzione nei comportamenti e nelle abitudini di chi quotidianamente agisce su essi. La capacità di comprendere l'esistenza di una serie di equilibri in natura, i quali si manifestano con determinati eventi ricorrenti e prevedibili, l'acquisita coscienza che l'evento catastrofico è tale non perché rappresenta qualcosa di incontrastabile e predestinato, ma perché l'uomo ha trascurato una dinamica chiara oggi solo agli addetti ai lavori e poco divulgata e diffusa, possono costituire gli elementi di progresso indispensabili a garantire una vita compatibile con gli equilibri ambientali per le generazioni future.

L'Assessore all'Educazione
Prof. Raffaele Porta



TERREMOTI



Perché accadono i terremoti?



In accordo alla teoria della **tettonica delle zolle**, il movimento relativo delle zolle continentali, sotto l'azione di forze che hanno origine nell'interno del pianeta (moti convettivi del mantello), fornisce un'efficace chiave di lettura nell'interpretazione di molti fenomeni che riguardano la dinamica della Terra solida, inclusi i terremoti.

Le osservazioni circa il moto di deriva dei continenti, l'esistenza delle **dorsali medio-oceaniche** e dei fenomeni di **subduzione**, ha condotto ad una nuova immagine dell'interno della Terra, costituita da gusci di materiali a differente **comportamento reologico**.

tettonica delle zolle

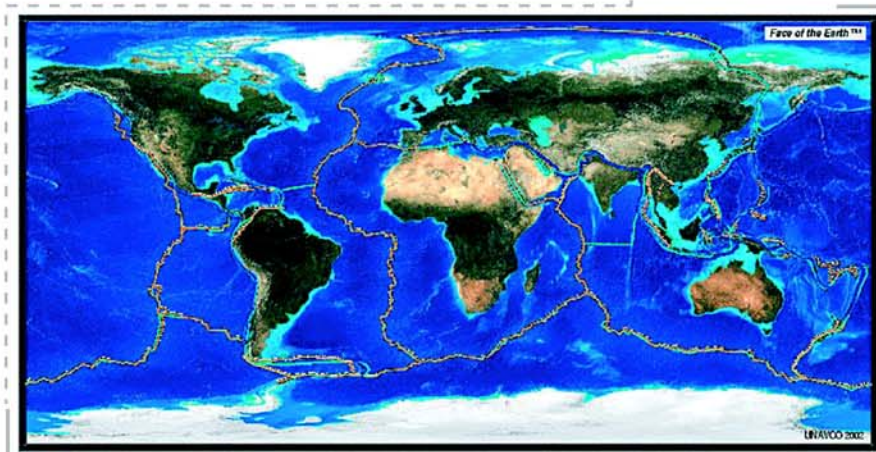
Trae origine dalle idee di Alfred Wegener (climatologo e geofisico tedesco) che nel 1915, ipotizzò la deriva dei continenti, nati dal frazionamento di un unico supercontinente, la Pangea. L'idea è stata successivamente suffragata (dagli anni '50 in poi) da molteplici osservazioni geofisiche.

dorsali medio-oceaniche

Zone di espansione dei fondali oceanici dove avviene la risalita di rocce fuse (magmi) che provengono dalle parti più profonde della Terra (astenosfera). Esse sono anche sede di intensa attività sismica.

subduzione

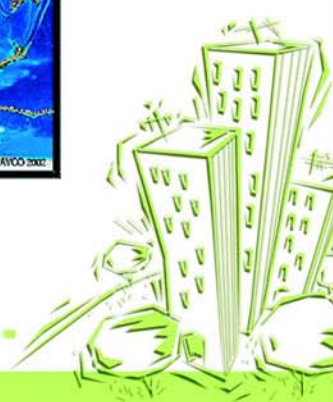
Sprofondamento di una zolla al di sotto di un'altra in corrispondenza del margine di convergenza tra le due zolle.



Le linee gialle in figura delimitano le zolle principali



TERREMOTI



Perché accadono i terremoti?



La litosfera è lo strato rigido più superficiale della Terra, che si frattura durante i terremoti (comportamento fragile) e che trasmette le onde sismiche (comportamento elastico). Lo strato sottostante, l'**astenosfera**, si estende sino a 700 km di profondità e si comporta come un fluido viscoso per **sforzi applicati** di lunghissima durata (ad esempio il carico prodotto dai ghiacci delle calotte polari), mentre reagisce in maniera rigida per sollecitazioni di breve durata (ad esempio al passaggio di onde sismiche).

La litosfera rigida è frazionata in una dozzina di zolle di grosse dimensioni (la cui superficie non coincide necessariamente con i continenti emersi) e un gran numero di zolle secondarie.

Per effetto di forze che si generano nella parte profonda del pianeta, le zolle litosferiche si muovono l'una rispetto all'altra, con velocità medie di qualche centimetro per anno, per effetto delle proprietà viscosi dell'astenosfera su cui esse "galleggiano".

Il moto lento e convergente di zolle adiacenti causa l'accumulo di energia elastica alle frontiere delle zolle, che diventano i siti preferenziali dell'attività sismica.

Quando l'energia accumulata supera il punto critico di resistenza delle rocce, i materiali al confine delle zolle si fratturano in modo repentino dando origine alle onde sismiche che vengono irradiate verso la superficie terrestre.

sforzo

Forza per unità di superficie. Si definisce "normale" o di "taglio" in accordo all'orientazione della forza (ortogonale o parallela) applicata alla superficie. Lo sforzo tettonico è quello applicato ai margini delle zolle e prodotto dal loro movimento relativo.

comportamento reologico

Modo di deformazione di volumi di roccia sottoposti all'azione degli sforzi (elastico, viscoso,...).

litosfera

Involucro esterno della terra formato dalla crosta e dalla parte rigida del mantello superiore. Ha uno spessore di circa 70-100 km nelle zone oceaniche, circa 120-140 km ed oltre in quelle continentali.

astenosfera

Si trova al di sotto della litosfera, generalmente si estende tra i 100 e i 350 km di profondità e solo localmente, in corrispondenza delle aree di subduzione può arrivare a 700 km.

È costituita da materiale roccioso facilmente deformabile in quanto le rocce che la costituiscono, sono vicine al punto di fusione.

Curiosità...

In base a misure recenti satellitari (GPS), la zolla Africana si muove rispetto alla zolla EuroAsiatica di circa 25mm all'anno nella direzione N45° E.



TERREMOTI



Come avviene un terremoto

terremoti

Il terremoto è lo scuotimento del suolo prodotto da repentini fenomeni di fratturazione che interessano volumi di roccia interni alla parte superficiale della Terra (la **crosta**). La durata del processo di fratturazione è relativamente breve, circa un minuto per i più forti terremoti, inizia all'**ipocentro** e avviene lungo superfici che sono dette **faglie**. In conseguenza della fratturazione lungo la superficie di faglia, i comparti di roccia, separati dalla faglia, dislocano relativamente l'uno rispetto all'altro, anche diverse decine di centimetri in occasione di forti terremoti.

Durante il processo di fratturazione, vengono emesse le onde sismiche (vedi scheda "Le onde sismiche") che si propagano attraverso le zone interne del pianeta per raggiungere la superficie terrestre.

Le osservazioni sismiche della frattura hanno confermato che la dislocazione dei blocchi che dà luogo ai terremoti crostali, è causata dall'azione di un sistema di forze costituito da un doppio **dipolo**, i cui assi (uno di tensione e l'altro di compressione) sono orientati a circa 45 gradi rispetto alla faglia. L'orientazione dei dipoli è governata dall'azione delle forze tettoniche ed è legato al movimento relativo delle zolle (vedi scheda "Perché accadono i terremoti").

Esiste una relazione di scala che lega le dimensioni di una faglia alla grandezza di un terremoto (vedi scheda "Quanto è grande un terremoto") e alla durata del processo di rottura alla sorgente. Superfici di faglia di dimensioni maggiori producono terremoti più forti, dislocazioni al suolo più importanti e sono associati a processi di frattura più lunghi.

Un terremoto di magnitudo 7 è associato ad una faglia la cui estensione orizzontale è di circa 50 km, lungo cui produce dislocazioni di circa 1 metro. La durata complessiva del processo di frattura è di circa 15 secondi.

crosta

Il guscio esterno rigido e fragile della Terra. Ha uno spessore variabile da circa 10 km in aree oceaniche e 35-40 km in aree continentali.

ipocentro

Il punto della superficie di faglia in cui ha inizio la fratturazione che dà luogo al terremoto e la sua proiezione sulla superficie terrestre lungo la direzione verticale si chiama *epicentro*.

faglia

Superficie di frattura interna alla crosta terrestre, in corrispondenza della quale si verifica un movimento relativo (dislocazione) di due blocchi di roccia. La superficie è più o meno inclinata e il movimento di scorrimento può essere verticale (faglia diretta o inversa) oppure orizzontale (faglia trascorrente).

dipolo

Definisce un sistema di due forze applicate in un punto aventi la stessa direzione. Se il verso è convergente il dipolo rappresenta una compressione, se divergente, una tensione.



TERREMOTI



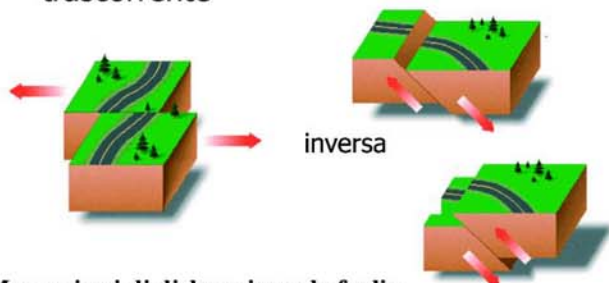
Come avviene un terremoto



trascorrente

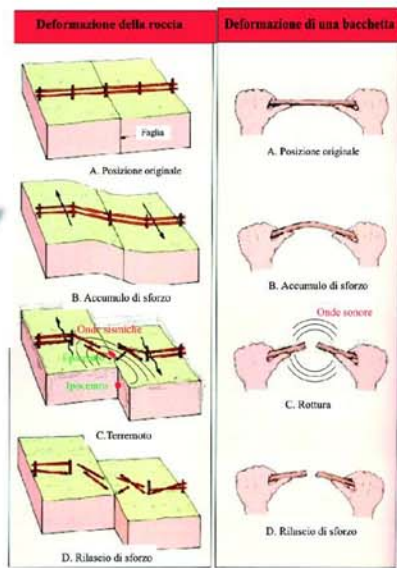
normale

inversa



Meccanismi di dislocazione: le faglie

Si osservano tre diversi modi di scorrimento dei comparti di faglia durante un terremoto. Nel caso di una faglia normale (meccanismo frequente per i terremoti che accadono nell'Appennino Centro-Meridionale), uno dei blocchi scorre allontanandosi dall'altro. Nel caso di una faglia inversa (che accade per i terremoti nell'arco alpino nord-orientale), uno dei blocchi sovrascorre sull'altro. Per una faglia trascorrente, il movimento relativo corrisponde ad uno scorrimento laterale dei due blocchi (come nel caso della faglia di San Andreas, negli Stati Uniti).



Il fenomeno della frattura sismica e della radiazione delle onde sismiche può essere posto in analogia con la rottura di una bacchetta di legno e l'emissione di onde sonore.

Un'asticella di legno è flessa lentamente: a un certo punto viene raggiunto il limite per cui l'asticella si rompe, e il suono secco si propaga nell'aria nella forma di onde acustiche.

Curiosità...

Il terremoto dell'Irpinia del 23 novembre 1980, di magnitudo 6.9, fu risentito in tutta l'Italia centro-meridionale, dove provocò la distruzione di decine di paesi e circa 3.000 vittime. L'evento sismico è stato prodotto dalla rottura consecutiva di tre distinti segmenti di faglia, avvenuta in un periodo totale di circa 40 sec. La durata anomala del processo di frattura del terremoto irpino è stata la causa principale dell'elevato grado di danneggiamento che esso ha prodotto. La faglia principale ruppe la superficie terrestre, generando scarpate alte di circa 1 metro, identificate in superficie per una lunghezza totale di circa 40 km.



TERREMOTI



Le onde sismiche



Le onde sismiche sono prodotte dal repentino rilascio di energia elastica che avviene durante la fratturazione di volumi di roccia interni alla crosta terrestre. Le onde sismiche si irradiano dalla sorgente in tutte le direzioni, provocando nel mezzo di propagazione una deformazione temporanea la cui ampiezza diminuisce man mano che ci si allontana dalla sorgente. Mentre la fratturazione che dà origine alle onde può durare da pochi secondi a qualche minuto, il tempo di propagazione di un'onda dall'interno della Terra alla sua superficie, può essere molto più grande (diverse decine di minuti).

Le onde sismiche si distinguono in onde di volume (P e S) ed onde di superficie (Rayleigh e Love).

Le onde di volume P, conosciute anche come "primarie", sono quelle che viaggiano a maggiore **velocità** nell'interno del pianeta (da circa 6.5 km/s nella crosta a 13.5 km/s alla base del **mantello**). Al loro passaggio, il mezzo si deforma comprimendosi e dilatandosi nella direzione di propagazione dell'onda. Le onde S, o "secondarie", viaggiano a velocità inferiori delle P (da circa 3.5 km/s nella crosta a 7.2 km/s alla base del mantello), e sono pertanto rilevate dai sismografi a tempi maggiori (circa il doppio) delle onde P. Il mezzo subisce una deformazione di taglio al loro passaggio, lungo una direzione che giace sul piano ortogonale alla **direzione di propagazione**. Man mano che le onde di volume si allontanano dalla sorgente la loro ampiezza diminuisce di un fattore pari all'inverso della distanza percorsa. Le onde di superficie si propagano lungo direzioni parallele alla superficie terrestre con velocità di qualche percento inferiori a quelle delle onde S. La loro ampiezza decresce in modo esponenziale in funzione della profondità, per cui interi strati della Terra sono coinvolti durante la propagazione delle onde di superficie. Esse producono deformazioni di taglio (le onde di Love) e di compressione e dilatazione (onde di Rayleigh).

L'ampiezza delle onde di superficie decresce meno rapidamente di quella delle onde di volume con la distanza dalla sorgente. Per questa ragione, a **distanze telesismiche**, le onde di superficie dominano in ampiezza sui sismogrammi, mentre vale il contrario nelle registrazioni sismiche a **distanze locali e regionali**.

mantello

Dal punto di vista compositivo, la Terra è suddivisa in crosta, mantello, nucleo esterno fluido e nucleo interno solido. La discontinuità di Mohorovicic (Moho) separa la crosta ed il mantello, che si estende fino a 2.900 km di profondità in corrispondenza della discontinuità tra mantello e nucleo esterno, fluido. Il mantello si divide in due strati a diverso comportamento reologico: mantello superiore, fino a una profondità di circa 680 km e mantello inferiore.

direzione di propagazione

Le onde di volume si propagano nella Terra seguendo traiettorie che sono perpendicolari ai fronti d'onda. Se i fronti d'onda sono sferici, concentrici alla sorgente di emissione, le traiettorie sono i raggi delle sfere. Queste traiettorie prendono il nome di raggi sismici. La direzione di propagazione di un'onda è quella solidale al raggio sismico che connette la sorgente al punto di osservazione.

velocità delle onde

Quantità di spazio percorso da un'onda sismica nell'unità di tempo. Questa non va confusa, con la velocità con cui oscillano le particelle del mezzo di propagazione investite dall'onda.

distanze telesismiche, regionali e locali

È una classificazione in base alla distanza tra la stazione di registrazione e l'epicentro del terremoto. I terremoti locali sono caratterizzati da distanze epicentrali minori di 100 km, i terremoti regionali da distanze comprese tra i 100 e i 1.400 km, mentre i telesismi da distanze superiori ai 1.400 km.



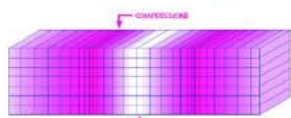
TERREMOTI



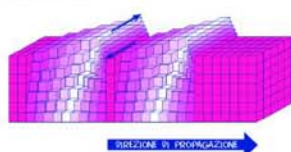
Le onde sismiche



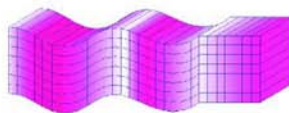
Deformazioni prodotte nel mezzo di propagazione dal passaggio delle onde di volume (P e S) e delle onde di superficie.



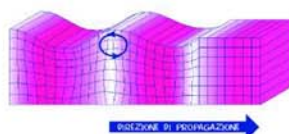
Onda P



Onda di Love



Onda S



Onda di Rayleigh

Definizione geometrica delle quantità legate alla propagazione di un'onda sismica dalla sorgente alla superficie terrestre.



Curiosità...

In California e Giappone sono in fase di sperimentazione sistemi cosiddetti di *early warning* (pre-allarme) di terremoto. Con un anticipo di qualche decina di secondi, il sistema di pre-allarme di terremoto, invia l'informazione circa la possibile ampiezza e durata del moto sismico prodotto da terremoti distanti. Ciò permette di disattivare apparecchiature soggette a danni per vibrazioni, avviare generatori di emergenza, allertare i vigili del fuoco, archiviare dati, interrompere il traffico ferroviario, ecc. A titolo di esempio, una rete per *early-warning* situata nella regione del terremoto irpino del 1980, avrebbe fornito un pre-allarme alla città di Napoli con un anticipo di circa 30 secondi.



TERREMOTI



Dove accadono i terremoti

terremoti



Nel mondo

Per la maggior parte, i terremoti hanno origine lungo i **margini** di contatto delle zolle litosferiche. Solo raramente si osservano eventi sismici di forte magnitudo nelle zone interne delle zolle (sismicità intra-placca).

La **localizzazione dei terremoti** a scala planetaria delinea in modo chiaro i margini delle zolle litosferiche. La sismicità si concentra maggiormente nella zona di frontiera circum-Pacifica ma le aree di dorsali e di collisione continentale sono altrettanto attive. Il Mediterraneo orientale (Grecia, Turchia,...) è anch'essa un'area ad elevata attività sismica. La maggior parte dei terremoti viene prodotta da fratture della parte superficiale e più fragile della litosfera, a profondità inferiore a 100 km. In percentuale minore ma comunque significativa, i terremoti accadono anche a maggiore profondità, tra 100 e 700 km, prevalentemente in zone di subduzione. La distribuzione di **terremoti profondi** lungo una zolla in subduzione, permette di ricostruire l'estensione e la geometria della zolla litosferica che subduce.

localizzazione dei terremoti

Per localizzazione di un terremoto si intende la determinazione della posizione nello spazio dell'ipocentro (latitudine, longitudine e profondità) e del tempo origine dell'evento sismico.

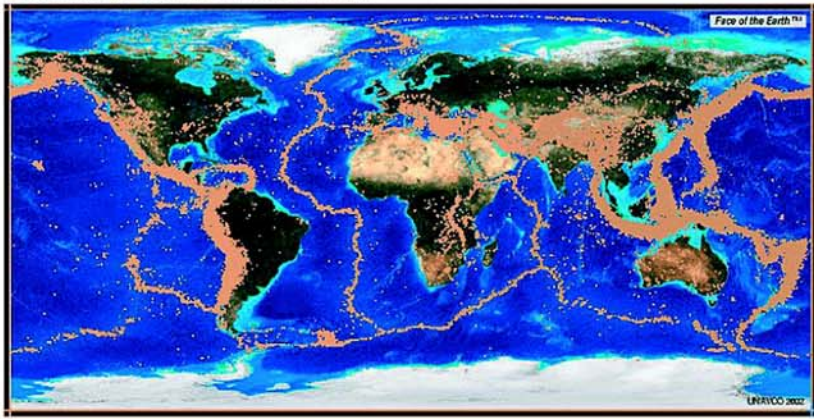
margini delle zolle litosferiche

Questi sono generalmente di tre tipi: a) divergenti (in corrispondenza delle dorsali oceaniche), b) convergenti (in zone di subduzione e di collisione continentale) e c) trasformati (dove le zolle slittano lateralmente, l'una rispetto all'altra).

terremoti profondi

Sono localizzati a profondità maggiori di 100 km. I meccanismi che causano i terremoti lungo una zolla in subduzione non sono ancora chiari e differiscono da quelli che producono i terremoti superficiali, mentre un ruolo chiave deve giocare la distribuzione di temperatura e pressione intorno alla zolla discendente.

Distribuzione dei terremoti nel mondo



TERREMOTI



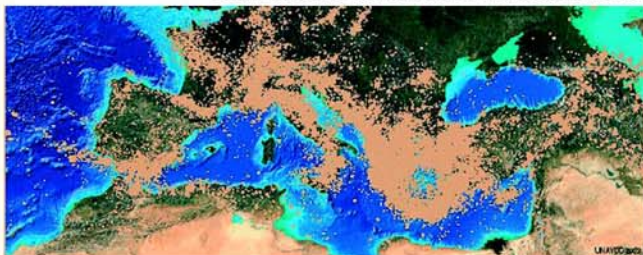
Dove accadono i terremoti



Nel Mediterraneo

La sismicità in area mediterranea è principalmente concentrata lungo il margine tra la zolla Euro-Asiatica ed Africana. È possibile, idealmente, seguire questa linea di demarcazione spostandosi dallo stretto di Gibilterra, passando per le catene montuose del Maghreb (in Africa settentrionale), a quella Appenninica, e proseguendo nelle Alpi Orientali e Dinaridi. L'area sismica più attiva del Mediterraneo è senza dubbio la Grecia, che presenta una sismicità diffusa che si concentra lungo l'arco Ellenico e raggiunge profondità elevate dovute alla presenza di una zolla in subduzione.

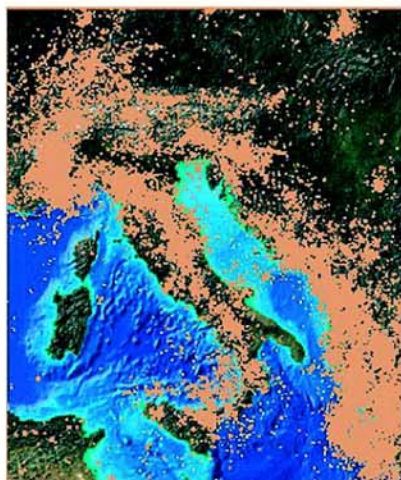
Distribuzione dei terremoti nel Mediterraneo



In Italia

I terremoti in Italia accadono di frequente, particolarmente quelli di magnitudo bassa e moderata (magnitudo < 5) e sono principalmente concentrati nella fascia Alpina e Appenninica. Alcune sequenze sismiche sono registrate storicamente nel promontorio del Gargano mentre la Puglia e la Sardegna sembrano essere

relativamente asismiche. A parte la sismicità profonda del Tirreno, dovuta alla subduzione dell'arco Calabro, l'attività sismica in Italia avviene prevalentemente nella crosta terrestre, cioè a profondità minori di 40 Km.



Distribuzione dei terremoti in Italia

Curiosità...

Il numero di terremoti che quotidianamente accadono nel mondo dipende dalla loro magnitudo. Gutenberg e Richter hanno proposto una legge universale, secondo cui il logaritmo del numero di eventi sismici, in una data regione ed in un dato intervallo di tempo, decresce linearmente con l'aumento della magnitudo ($\log N = A - bM$, con la costante b circa uguale a 1). Proviamo ad applicare la legge ai terremoti accaduti nell'ultimo secolo in Italia. Scopriamo che in un periodo di dieci anni, dobbiamo attenderci da 1 a 2 terremoti di magnitudo 6 (come quello che ha colpito l'Umbria e le Marche nel 1997) e da 3 a 6 terremoti di magnitudo 5.5 (come il terremoto del Molise nel 2002).



TERREMOTI



La sismicità della Campania



All'interno della Campania si possono riconoscere aree a comportamento sismico differente quali la zona costiera tirrenica che include le aree vulcaniche napoletane (Vesuvio, Ischia e Campi Flegrei) e la dorsale appenninica.

I terremoti nella fascia appenninica sono meno frequenti e più forti rispetto a quelli che accadono nelle aree vulcaniche napoletane. Le fasce costiere a sud e a nord delle aree vulcaniche, sono interessate da una debole e sporadica attività sismica.

Lo studio della **sismicità storica e strumentale** rivela che i terremoti più catastrofici sono avvenuti lungo la dorsale appenninica ai confini tra la Campania e il Molise (a Nord) e la Puglia e la Basilicata (ad Est e Sud Est). In particolare le aree del Matese, del Sannio e dell'Irpinia sono quelle a più elevata pericolosità (vedi scheda "Il rischio sismico"), avendo sperimentato nel passato terremoti distruttivi.

Negli ultimi 500 anni la regione appenninica centro-meridionale è stata interessata da una decina di terremoti di elevata intensità macrosismica, capaci di produrre forti risentimenti e danni agli edifici.

Il terremoto che ha colpito l'Irpinia e la Basilicata nel 1980, è l'evento sismico recente di maggiore energia verificatosi nell'Appennino meridionale (magnitudo=6.9).

Le aree vulcaniche napoletane, e in particolare quella vesuviana, sono attualmente interessate da una sismicità frequente (un centinaio di eventi per anno) ma di bassa magnitudo (magnitudo inferiore a 4), che è interpretabile come attività sismica di fondo collegata a fenomeni di assestamento all'interno dell'edificio vulcanico.

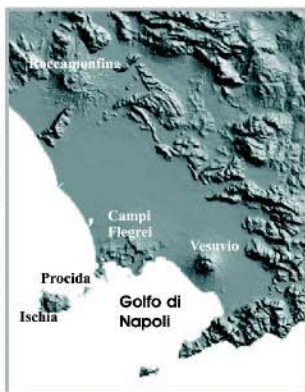
sismicità storica e strumentale

Per i terremoti avvenuti in epoche storiche è disponibile il catalogo dei forti terremoti italiani degli ultimi 2000 anni, costruito a partire da documentazioni storiche.

Per sismicità strumentale si intende l'attività sismica recente, il cui catalogo è ottenuto direttamente dall'analisi dei sismogrammi.

bradisismo

Il bradisismo, dal greco *bradius* (lento) e *seismòs* (movimento), è un movimento lento del suolo in senso verticale. Durante gli episodi di bradisismo ai Campi Flegrei del 1969-72 e 1982-84, il suolo si è sollevato complessivamente di 3,5 metri, misurati alla darsena di Pozzuoli. A distanza di 20 anni dall'ultimo episodio di sollevamento, il suolo non ha ancora recuperato il livello precedente la crisi del 1970.



Mappa geografica in rilievo delle aree vulcaniche napoletane

La sismicità della Campania

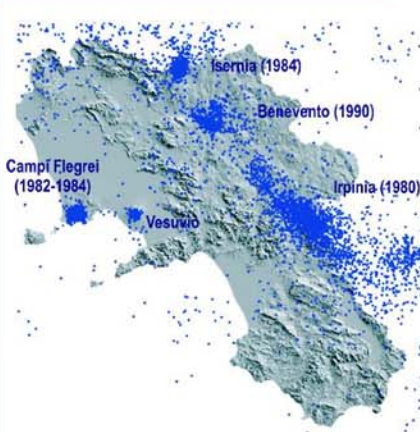


Nella caldera dei Campi Flegrei, l'attività sismica degli ultimi 30 anni è stata fortemente correlata all'occorrenza di fenomeni di sollevamento lento del suolo (**bradisismo**). Nel periodo 1982-1984, molti edifici dell'abitato di Pozzuoli sono stati danneggiati a causa della persistente attività microsismica (più di 10.000 microterremoti, di magnitudo mediamente inferiore a 3, localizzati a profondità inferiore ai 4 km).

Nelle cronache storiche dell'epoca romana si riportano danni al patrimonio edilizio causati da terremoti di magnitudo moderata (presumibilmente inferiore a 5) che hanno interessato l'area vesuviana negli anni precedenti l'eruzione di Pompei.

Nel 1883 un terremoto di magnitudo medio-bassa (4-5) ha colpito l'isola d'Ischia (terremoto di Casamicciola) e ha prodotto ingenti danni e numerose vittime, probabilmente a causa della localizzazione, a piccola profondità, della faglia responsabile del terremoto.

* La figura gentilmente fornitaci da Giuseppe Vilardo è tratta dalla pubblicazione:
Vilardo G., Terranova C., Bronzino G.,
Giordano S., Ventura G., Alessio G., Gabriele M.,
Mainolfi R., Pagliuca E., Veneruso M. (2001),
SISCAM: Sistema Informativo Sismotettonico della Regione Campania.
URL: <http://ipf.ov.ingv.it/siscam/>



La sismicità della regione Campania nel periodo 1980-2000, secondo il catalogo degli eventi sismici registrati dalla rete dell'Osservatorio Vesuviano. Vengono rappresentati gli epicentri di tutti i terremoti per cui è stato possibile effettuare una localizzazione (cerchietti pieni in colore). La figura riporta le denominazioni delle aree più attive della nostra regione nel periodo selezionato, con l'indicazione dell'anno in cui è avvenuta una sequenza sismica di particolare durata e numero di eventi. L'intensa attività sismica dei Campi Flegrei è soprattutto dovuta alla sequenza associata al bradisismo del 1982-1984. Il Vesuvio, invece, presenta un'attività di fondo abbastanza costante nel tempo.*

Due sono i terremoti più forti avvenuti nella regione Campania negli ultimi 100 anni:

- Terremoto del 23/7/1930, Irpinia di magnitudo $M=6.7$ e intensità massima macrosismica $I=X$, con 1.404 vittime
- Terremoto del 23/11/1980, Irpinia di magnitudo $M=6.9$ e intensità massima macrosismica $I=X$, con 3.000 vittime

Lo studio geologico della scarpata di faglia del terremoto del 1980 ha rivelato l'esistenza di almeno cinque terremoti forti predecessori del terremoto del 1980, avvenuti sulla stessa faglia negli ultimi 2000 anni.

Curiosità...



TERREMOTI

Quanto è grande un terremoto

terremoti

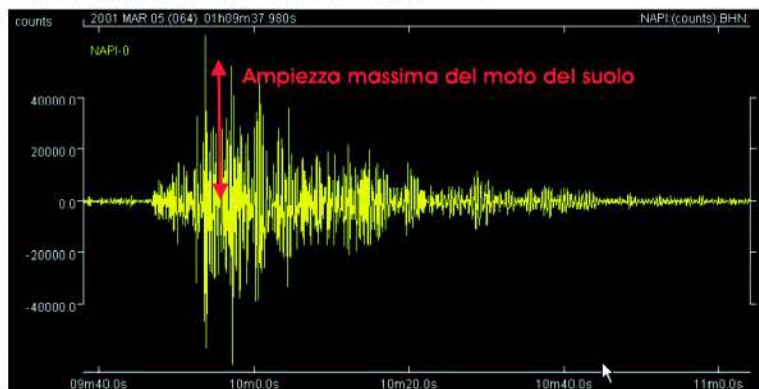
L'ampiezza e la durata del moto del suolo, rilevate alla superficie terrestre dai sismografi, determinano la grandezza di un terremoto. L'ampiezza delle onde sismiche prodotte alla sorgente di un terremoto è tanto più grande quanto più elevata è l'energia elastica liberata durante il processo di fratturazione.

I sismologi K. Wadati e C.F. Richter negli anni '30 suggerirono la possibilità di misurare la grandezza di un terremoto attraverso la misura dell'ampiezza massima del moto del suolo, opportunamente corretta per un fattore che consideri la distanza percorsa dalle onde sismiche.

Ciò ha condotto alla definizione di **magnitudo** di un terremoto, numero adimensionale, che rappresenta in modo oggettivo la grandezza di un terremoto, rapportata all'energia elastica emessa alla sorgente, mediante la misura dell'ampiezza delle onde irradiate. La prima **scala di magnitudo** per misurare i terremoti fu proposta da Richter, e da lui prende il nome. In termini energetici, una variazione di un'unità di magnitudo corrisponde circa ad un fattore 30 di energia liberata.

scala di magnitudo

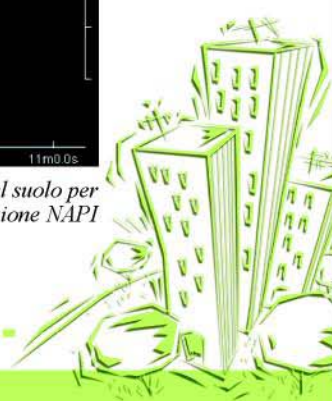
La scala di magnitudo non ha divisioni in gradi, limiti inferiori (se non strumentali) e superiori. La valutazione dell'energia liberata da un sisma è associata a un indice, detto **magnitudo**, che si ottiene rapportando il logaritmo decimale dell'ampiezza massima di una scossa e il logaritmo di una scossa campione.



Determinazione sul sismogramma dell'ampiezza massima del moto del suolo per l'evento del 5 marzo 2001 (Penisola Sorrentina) registrato dalla stazione NAPI della rete EduSeis.



TERREMOTI



Quanto è grande un terremoto

Partendo da un punto di vista differente, è possibile identificare la grandezza di un terremoto con l'entità dei danni prodotti sugli edifici e sull'ambiente fisico.

La scala Mercalli classifica gli effetti dei terremoti attraverso un parametro definito come l'intensità macrosismica di un terremoto. Ciascun livello della scala Mercalli è espresso in gradi, e come è facile supporre anche l'intensità macrosismica diminuisce con l'allontanarsi dall'area sorgente di un terremoto.

Mentre la stima della magnitudo si effettua attraverso una misura oggettiva di una quantità fisica (ampiezza del moto del suolo), l'intensità viene determinata attraverso una classificazione soggettiva del danno o degli effetti di vibrazione prodotti dai terremoti.

La valutazione dell'intensità macrosismica è di particolare importanza per lo studio dei terremoti accaduti nel passato, laddove non esistevano registrazioni sismiche. Nella pratica scientifica, i sismologi hanno adottato il **"momento sismico"** come misura della grandezza di un terremoto, e anch'esso si ottiene dall'analisi dei sismogrammi. Questa quantità rappresenta il **momento**

della coppia di forze che origina la fratturazione delle rocce e la dislocazione lungo la superficie di faglia.

momento di una coppia di forze

Il momento di una coppia di forze, è il prodotto dell'intensità di una delle due forze per il braccio.

momento sismico

Il momento sismico di un terremoto è uguale al prodotto tra la rigidità delle rocce, l'area della superficie di faglia e lo spostamento medio prodotto dal terremoto sulla superficie di faglia.

Curiosità...

Secondo il National Earthquake Information Center (NEIC) del servizio geologico degli Stati Uniti (USGS), nel mondo avvengono 12000-14000 terremoti all'anno. Di questi circa 60 sono in grado di produrre danni considerevoli o morti e circa 20 sono quelli di forte energia, con magnitudo uguale o superiore a 7.0.



TERREMOTI



Come si misura un terremoto

terremoti

Una stazione sismica (sismografo) è lo strumento che registra, in funzione del tempo, il moto del suolo causato dai terremoti e lo trascrive in forma **analogica o digitale** su supporti specifici. Il sismografo moderno si compone di un **sensore sismico** (sismometro) e di un apparato di registrazione (acquisitore sismico).

Il principio di funzionamento di un sismometro è simile a quello di un pendolo semplice: una massa pesante sospesa ad una molla meccanica, tende a rimanere nella sua posizione di equilibrio quando il suolo, e quindi la base e la struttura a cui è sospesa, si muovono per effetto del terremoto. I sismometri elettro-magnetici, sono **apparati trasduttori** che convertono il movimento del suolo in segnale elettrico, il cui andamento nel tempo viene registrato da un computer in forma di sequenze numeriche di dati.

Il **sismogramma** rappresenta la registrazione del moto del suolo durante i terremoti ed è prodotto in forma di tracciato su carta, oppure in forma digitale mediante rappresentazioni grafiche al computer. Il moto del suolo prodotto dalle onde sismiche, può durare da pochi secondi a diverse decine di minuti a seconda della magnitudo del terremoto e della distanza dalla sorgente.

segnale analogico, digitale

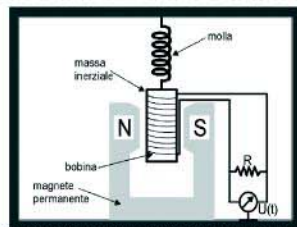
La misura di una quantità fisica (es. il moto del suolo) in funzione del tempo è un segnale. Esso può essere rappresentato con continuità rispetto al tempo (l'andamento della corrente su di un oscilloscopio) oppure registrato ad intervalli regolari. Nel primo caso parliamo di rappresentazione analogica e nel secondo di campionamento o digitalizzazione del segnale.

sensore

Strumento che permette la misurazione e la registrazione del moto del suolo.

apparati trasduttori

I trasduttori convertono una grandezza fisica in un'altra (generalmente in un segnale elettrico). I trasduttori utilizzati in sismologia forniscono un segnale di tensione in uscita proporzionale al moto relativo della massa rispetto al telaio.



Terra

Il sismometro elettromagnetico rappresentato in figura è un trasduttore del moto del suolo dove l'induzione elettromagnetica tra un magnete sospeso ad una molla meccanica e un circuito elettrico, produce una tensione in uscita proporzionale alla velocità del moto del suolo.



TERREMOTI

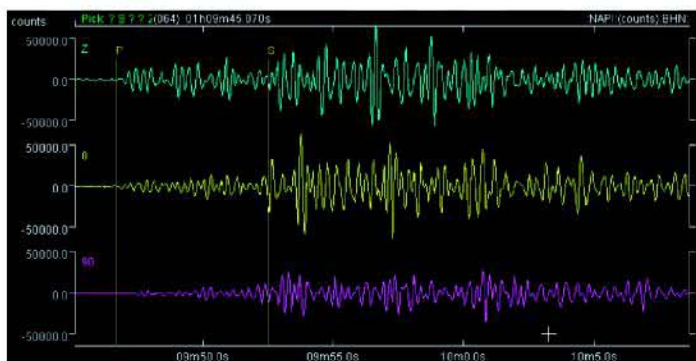


Come si misura un terremoto

terremoti

Sul sismogramma è possibile effettuare molte misure. Dal tempo di arrivo delle onde P e S è possibile risalire alla posizione della sorgente sismica e alle proprietà elastiche del mezzo di propagazione. Dall'ampiezza e dalla durata del moto del suolo, è possibile stimare la magnitudo o il momento sismico del terremoto (vedi scheda "Quanto è grande un terremoto"), oltre che dedurre le caratteristiche di attenuazione e amplificazione dei materiali attraversati. Dall'identificazione sul sismogramma delle diverse fasi sismiche, è possibile determinare la profondità delle principali discontinuità attraversate dalle onde durante la propagazione all'interno del pianeta.

Rappresentazione grafica del moto del suolo lungo tre componenti ortogonali (verticale in alto, nord-sud al centro e est-ovest in basso). Sui sismogrammi sono identificati il primo arrivo dell'onda P e dell'onda S.



Curiosità...

Il movimento delle onde negli oceani rappresenta la sorgente principale di rumore sismico. Questo appare chiaramente sui sismogrammi come un'oscillazione di circa 5 secondi di periodo la cui ampiezza decresce sensibilmente allontanandosi dalla costa.



TERREMOTI



Il rischio sismico

terremoti

Il rischio sismico esprime la probabilità di danno, inteso sia in termini economici che di perdite di vite umane, a seguito dell'occorrenza di uno o più eventi sismici in un'area geografica di interesse.

La valutazione del rischio sismico di un'area (o di un elemento strutturale) richiede la stima della pericolosità sismica, della vulnerabilità e dell'esposizione del bene a rischio.

La pericolosità sismica dipende dal tasso di occorrenza, dalla magnitudo e dalla distanza dei terremoti che accadono nell'area in esame. Essa rappresenta la probabilità che in un dato intervallo di tempo, l'ampiezza del moto del suolo (in realtà della sua **accelerazione**) durante un terremoto superi una soglia prestabilita.

La vulnerabilità è la probabilità di danneggiamento di una o più strutture nell'area in esame e dipende dal livello di accelerazione del moto del suolo prodotto dai terremoti.

L'esposizione è un fattore che differenzia il rischio sismico di una struttura a seconda della sua rilevanza, considerata sia in termini economici, sociali, culturali, o più semplicemente di vite umane coinvolte.

I tre fattori (pericolosità, vulnerabilità ed esposizione) concorrono, quindi, in maniera paritaria al rischio sismico di un'area.

In Italia, l'intera fascia appenninica e alpina è soggetta ad un elevato rischio sismico.

La vigente **classificazione sismica** del territorio nazionale risale agli anni '70 mentre è degli inizi degli anni '80 la mappa delle zone sismiche classificate, aggiornata in seguito alle risultanze del terremoto Irpino del 1980.

accelerazione

Parametro del moto del suolo di estremo interesse per la valutazione della risposta degli edifici alla sollecitazione sismica. Si misura con l'accelerometro, sensore sismico dedicato alla registrazione dei movimenti forti del suolo.

classificazione sismica

Sistema di normative che determina *in che modo e dove* gli edifici di nuova costruzione vanno costruiti secondo criteri antisismici, in modo cioè da resistere senza crollare alle forze sismiche.

Nuova classificazione sismica del territorio nazionale



Nel 1998 un gruppo di lavoro ING-GNDT-SSN, (Istituto Nazionale di Geofisica, Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Servizio Sismico Nazionale), istituito dal Dipartimento della Protezione Civile, ha prodotto un'ipotesi di riclassificazione sismica del territorio italiano. Le aree classificate di prima categoria sono quelle a maggior rischio sismico.



Il rischio sismico



Sebbene non sia possibile **prevedere** quando e dove occorrerà il prossimo terremoto, è possibile mitigarne le conseguenze, riducendo il rischio sismico.

Ciò è subordinato, per quanto riguarda le strutture, alla codifica di norme antisismiche per le nuove costruzioni e per l'adeguamento delle strutture preesistenti, al fine di aumentarne la resistenza alle sollecitazioni sismiche.

Non marginale, d'altro canto, è la conoscenza da parte della popolazione di norme comportamentali durante l'evento stesso e durante le prime fasi del dopo terremoto.

È in corso di discussione a livello istituzionale l'approvazione di una nuova mappa delle zone sismiche classificate, redatta in ricaduta dei risultati della ricerca scientifica dell'ultimo ventennio che hanno permesso una migliore definizione della pericolosità sismica del territorio nazionale.

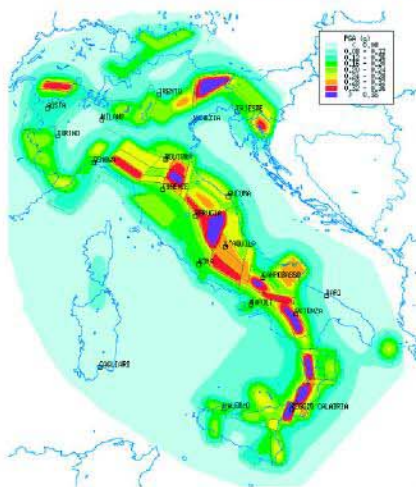
prevedere i terremoti

La previsione dei terremoti non è oggi praticabile, data l'impossibilità di controllare tutte le variabili che possono determinare una frattura sismica. Molteplici tentativi di individuare fenomeni precursori di terremoti hanno fornito risultati contraddittori o fallimentari.

La nuova proposta di classificazione sismica deriva dalla mappa di pericolosità elaborata dal GNDT (1996) basata su una nuova zonazione sismogenetica, che risulta da studi e risultati scientifici recenti.

In figura sono indicate con una scala cromatica le aree sismiche del territorio nazionale, a cui è stato attribuito un valore limite di accelerazione massima del moto del suolo che, con una probabilità molto elevata (90%), non sarà superato nei prossimi 50 anni, in occasione di terremoti di media e forte magnitudo.

Nelle aree con colori più scuri, il valore di accelerazione limite previsto è più elevato, e quindi l'area è da ritenere a più elevata pericolosità sismica.



Curiosità...

Secondo l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, in Italia si verificano dai 1.700 ai 2.500 eventi di magnitudo pari o superiore a 2.5 ogni anno. Dalla analisi della sismicità storica è emerso che in media in Italia ogni cento anni si verificano più di cento terremoti di magnitudo compresa tra 5.0 e 6.0.



TERREMOTI



EduSeis:

Educazione alla sismologia e al rischio sismico



EduSeis, un sismografo didattico per la formazione e la sensibilizzazione sul rischio sismico, è un progetto di ricerca e sperimentazione in cui istituti di ricerca, università, musei scientifici e scuole superiori operano insieme nel consolidamento di un **rete sismografica** a scopi prevalentemente didattici.

La rete è costituita da componenti ad alta tecnologia e basso costo, che possono essere usati nella didattica, nella formazione e nella informazione scientifica. La trasmissione e lo scambio dei dati avviene attraverso la **rete telematica**, e l'archivio di informazioni e forme d'onda sismiche è accessibile e consultabile via-Web.

In aree sismiche o vulcaniche attive quale quella napoletana e campana, la rete EduSeis rappresenta uno strumento efficace e capillare d'informazione e sensibilizzazione al rischio, grazie al coinvolgimento diretto della comunità scolastica nella manutenzione e nelle attività di analisi dei **dati sismici**, e l'azione di divulgazione al grande pubblico operata dal museo scientifico "Città della Scienza".

Nel 1996 la prima stazione sismica del progetto EduSeis, è stata installata a "Città della Scienza". Attualmente sono operative più stazioni sismiche in istituzioni di ricerca e in scuole superiori in Campania, Molise e Abruzzo.

Attraverso la gestione di una stazione EduSeis, gli studenti e gli insegnanti sperimentano il monitoraggio in tempo reale di un parametro ambientale (il moto del suolo), scambiano informazioni e dati con altre scuole italiane e straniere (esistono stazioni EduSeis in Francia e Portogallo), interagiscono con il mondo della ricerca. La rete sismica diviene quindi una infrastruttura a servizio della comunità scolastica che facilita lo scambio di idee e conoscenza sui temi del rischio sismico in particolare e del monitoraggio e protezione dell'ambiente in generale. Studenti e insegnanti sono coinvolti non solo nella gestione della rete ma anche nella sperimentazione di moduli e attività didattiche. Il progetto EduSeis ha un sito web <http://eduseis.na.infn.it> dove, per la rapida diffusione dell'informazione, è possibile recuperare e analizzare i dati sismici archiviati nel data base, svolgere attività didattiche on-line e accedere ad un archivio di informazioni (testi, figure, links, ecc...) sul rischio sismico.

rete sismografica

Insieme di stazioni sismiche (costituite da sensore, acquisitore e antenna rice-trasmittente), distribuite su di un'area sismica attiva, collegate in tempo reale attraverso sistemi di tele-trasmissione a onde radio, ad un centro di acquisizione dati remoto.

rete telematica

I nodi di una rete telematica sono computers, la cui comunicazione è stabilita attraverso collegamenti fisici (generalmente, cavi di linea telefonica o cavi di rete) su cui i dati sono trasmessi mediante specifici softwares di comunicazione.

dati sismici

Insieme di dati relativi ai terremoti che include le notizie dei bollettini sismici e i sismogrammi registrati a diverse stazioni.



Bambini in visita a Città della Scienza che svolgono attività didattiche intorno alla postazione EduSeis.

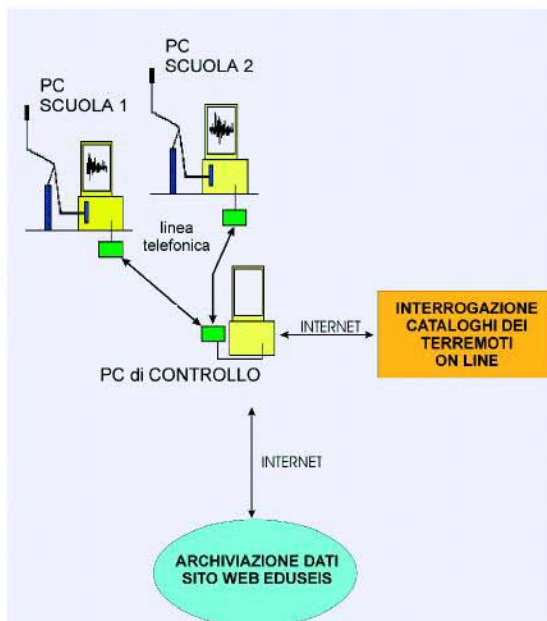


TERREMOTI



EduSeis:

Educazione alla sismologia e al rischio sismico



Schematizzazione del sistema di acquisizione dati della rete EduSeis. Le stazioni sismiche installate nella *Scuola 1* e *Scuola 2*, comunicano per via linea telefonica con un computer remoto che svolge il compito di controllo della rete.

Il computer di controllo, in modo automatico, ricerca sulla rete internet le notizie circa l'occorrenza di terremoti accaduti ogni giorno sul pianeta.

I sismogrammi di questi terremoti, registrati nelle stazioni delle scuole, sono automaticamente recuperati, trattati in forma preliminare e resi disponibili agli utenti attraverso il sito web EduSeis.



Curiosità...

Dall'anno 2000 ad oggi, ottantasei eventi sismici sono stati registrati dalle stazioni della rete EduSeis.

È possibile visualizzare, analizzare e recuperare i sismogrammi attraverso l'apposito collegamento nella sezione "database" del sito EduSeis (<http://eduseis.na.infn.it>).

Nella sezione "attività didattiche" è possibile inoltre sperimentare l'analisi dei sismogrammi, attraverso percorsi conoscitivi guidati.



TERREMOTI

Come comportarsi in caso di terremoto



La scossa sismica di per se non costituisce una minaccia per l'incolumità delle persone.

Quello che provoca vittime durante un terremoto è principalmente il **crollo degli edifici**, o di parte di essi; inoltre costituisce un grave pericolo per l'incolumità anche la caduta di quello che c'è dentro e alcuni fenomeni collegati quali gli incendi e le esplosioni dovute a fughe di gas, **frane o smottamenti**, situazioni di panico collettivo con conseguenti ingorghi nelle strade e impedimento delle squadre di soccorso a muoversi. È necessario conoscere preventivamente quali sono le posizioni all'interno di un edificio o i luoghi all'esterno che sono considerati pericolosi.

Per chi si trova all'interno di un edificio, il rischio principale è rappresentato dal crollo della struttura stessa e contemporaneamente anche dalla caduta di mobili e suppellettili pesanti. È meglio innanzitutto cercare di collocarsi in vicinanza dei punti più **solidi** della struttura dell'edificio: questi in genere sono le **pareti portanti** (muri maestri), le architravi, i vani delle porte e gli angoli in genere. Contemporaneamente è opportuno cercare di tenersi lontani da tutto ciò che ci può cadere addosso come grossi oggetti appesi e in particolare dai vetri che si possono rompere e dagli impianti elettrici volanti che possono originare incendi.

Per trovare riparo da ciò che può cadere, può essere opportuno mettersi sotto tavoli robusti o letti. A scuola bisogna rifugiarsi sotto i banchi e uscire solo al termine della scossa con calma insieme ai compagni, senza correre e senza spingere, seguendo le istruzioni della maestra.

Se il terremoto ci sorprende quando ci si trova all'esterno, anche in questo caso il pericolo principale deriva da quello del crollo. In questo caso, è necessario allontanarsi rapidamente dagli edifici e cercare uno spazio aperto altrimenti può offrire un riparo adeguato soltanto mettersi sotto l'architrave di un portone. Trovandosi poi in automobile è necessario evitare di sostare sotto ponti o cavalcavia, edifici o comunque in zone dove possono verificarsi smottamenti del terreno.

crollo degli edifici

La propensione di un edificio a subire un danno o a crollare durante un sisma è determinata dalla sua vulnerabilità sismica. La stima della vulnerabilità può essere fatta con simulazioni del comportamento meccanico della struttura ad una sollecitazione sismica data (metodo meccanico), oppure mediante una classificazione per tipologia dell'edificio e curve empiriche di vulnerabilità costruite dall'analisi statistica dei danni prodotti da terremoti nel passato (metodo tipologico).

frane o smottamenti

Movimento rapido di materiali rocciosi, suoli argillosi più o meno incoerenti, lungo il versante di un rilievo montuoso o collinare.

Generalmente queste frane sono provocate dall'eccessiva imbibizione di acqua dei terreni, dalla distruzione del manto vegetale e dal disboscamento.

parete portante

Una parete portante deve sempre resistere a carichi verticali (ad es. solai), ma può anche essere progettata per sostenere carichi orizzontali agenti sia nel proprio piano che ortogonali ad esso. In edifici in muratura, le pareti portanti corrispondono generalmente ai muri più spessi, perimetrali oppure ai setti massicci trasversali. Negli edifici moderni con ossatura in cemento armato, l'intelaiatura è costituita da pilastri e travi. In caso di terremoto ci si deve riparare sotto una trave o all'interno di una porta in una parete portante.



TERREMOTI



Come comportarsi in caso di terremoto

terremoti

A scuola



A scuola puoi trovare riparo dalla caduta di oggetti mettendoti sotto al banco, vicino ad un muro portante o sotto lo stipite di una porta.

A casa



A casa puoi trovare riparo sotto lo stipite di una porta, in prossimità di un muro portante oppure sotto tavoli o robusti letti.

All'aperto



Se sei in automobile è opportuno fermare la macchina in zone al riparo dalla caduta di massi pericolanti e in aree lontane da ponti.

© Immagini realizzate dal personale dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Curiosità...

Le vibrazioni del suolo durante un terremoto, possono far oscillare un edificio rispetto alla sua verticale. Ogni edificio ha un periodo proprio di oscillazione che dipende dalla sua altezza secondo la relazione approssimata $n/10$ in cui n è il numero dei piani. Un grattacielo di 40 piani oscillerà con un periodo di 4 secondi mentre uno di 4 piani oscillerà con un periodo di 0.4 secondi.

I danni alle strutture saranno più rilevanti quanto più il periodo di vibrazione del suolo sarà prossimo al periodo di oscillazione del palazzo (fenomeno della risonanza).



TERREMOTI





T E R R E M O T I

r
e
t
e
t
t
t

Autori:

Aldo Zollo

Professore di Sismologia, Università di Napoli "Federico II"

Luciana Cantore

Fondazione IdIS Città della Scienza

Per saperne di più:

www.cittadellascienza.it

<http://eduseis.na.infn.it>

eduseis@na.infn.it

Flora Di Martino (dmartino@cittadellascienza.it)

Luciana Cantore (cantore@cittadellascienza.it)



Progetto di Sismologia Didattica - Un sismografo nelle scuole per informare e sensibilizzare sul rischio sismico.



COMUNE DI NAPOLI
ASSESSORATO ALL'EDUCAZIONE

